不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂生长性能、营养物质消化率、氮代谢和毛皮品质的影响[1]

张铁涛[1]　孙皓然[1]　杨雅涵[1]　娜仁花[2]　王凯英[2]　李光玉[1*]　高秀华[2*]

（1.中国农业科学院特产研究所，吉林省特种经济动物分子生物学省部共建重点实验室，长春 130112；2.中国农业科学院饲料研究所，北京 100081）

摘　要：本试验旨在研究不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂生长性能、营养物质消化率、氮代谢和毛皮品质的影响。选择（135±5）日龄的健康雄性水貂 72 只，随机分成 6 组，每组 12 只。采用双因子试验设计，分别按 34%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅰ组），34%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅱ组），32%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅲ组），32%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅳ组），30%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅴ组），30%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅵ组）配制 6 种试验饲粮，并制成颗粒料。预试期 7 d，正试期 60 d。结果表明：Ⅰ组和Ⅲ组水貂的平均日增重（ADG）极显著高于Ⅱ组、Ⅳ组和Ⅵ组（P<0.01）；18%脂肪组水貂的末重显著高于 16%脂肪组（P<0.05），18%脂肪组水貂的 ADG 极显著高于 16%脂肪组（P<0.01）。Ⅵ组水貂的蛋白质消化率极显著低于其他各组（P<0.01）；18%脂肪组水貂的蛋白质消化率极显著高于 16%脂肪组（P<0.01）；34%和 32%蛋白质组水貂的蛋白质消化率极显著高于 30%蛋白质组（P<0.01）。Ⅱ组水貂的氮沉积和蛋白质生物学价值显著高于Ⅳ组（P<0.05）；Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组水貂的净蛋白质利用率显著高于Ⅵ组（P<0.05）；饲粮脂肪水平对水貂的氮代谢相关指标未产生显著影响（P>0.05），饲粮蛋白质水平显著影响了水貂的净蛋白质利用率（P<0.05）。34%和 32%蛋白质组水貂的活体长显著高于 30%蛋白质组（P<0.05）；34%蛋白

收稿日期：2016-04-30
基金项目：中国农业科学院特种动物营养与饲养创新团队项目
作者简介：张铁涛（1984—），男，河北保定人，博士研究生，从事特种动物生理营养研究。E-mail: pheilty@163.com
*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail: tcslgy@126.com；高秀华，研究员，博士生导师，E-mail: xiuhuagao@126.com

质水貂的皮长显著高于30%蛋白质组（$P<0.05$），但饲粮脂肪、蛋白质水平及两者的交互作用对水貂的皮长没有产生显著影响（$P>0.05$）。综合试验结果得出：饲粮脂肪水平影响冬毛期水貂的末重，而饲粮蛋白质水平对冬毛期水貂的活体长具有影响；本试验条件下，冬毛期水貂饲喂脂肪水平为18%和蛋白质水平为32%~34%的颗粒料可获得较好的生长性能和毛皮品质。

关键词：蛋白质；脂肪；水貂；生长性能；毛皮品质；颗粒料

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

水貂是珍贵的毛皮动物，在我国华北、东北等地区广泛饲养。由于冷鲜饲料的成本较高，且容易被微生物污染，品质难以稳定，我国相继开展了干粉料和颗粒料的研究。颗粒料是以粉料为基础经过高温高压蒸汽调质、制粒冷却而成，缩小了饲料体积，便于贮存和运输，避免了原料分级，确保了饲料营养的全价性。张显华等[1]以 11%~14%脂肪水平的颗粒料饲喂水貂公貂，公貂的体重在试验结束时没有达到品种要求。周友梅等[2]以仔貂饲喂干粉料，发育情况和增重与鲜料组无显著差异，干粉料组水貂的怀孕、产仔情况与鲜料组无显著差异。已有研究表明，以干粉料饲喂育成期、冬毛期水貂，其生长性能和皮张面积均达到了实际生产的要求[3-4]。成年水貂配合颗粒料择优试验[5]和水貂配合膨化料筛选试验[6]均表明水貂利用配合饲料是可行的，在妊娠期与哺乳期的饲喂效果也接近新鲜鱼肉加入植物饲料混成糊状饲料的饲喂效果。冯艳忠[7]指出水貂配合饲料的研究尚处于初始阶段，配合饲料对水貂的营养特性尚未见报道，水貂的主产品即皮张的质量尚未深入的比较研究。毛皮动物市场经济不景气，冷鲜饲料的成本较高，颗粒料的饲喂方式相对简单，节约了人工成本和冷鲜饲料贮存的费用。但颗粒料作为一种新的料型，对于水貂的饲喂效果未见系统研究。本试验根据先前的研究报道[4,8-9]，设计不同蛋白质和脂肪水平的颗粒料，研究不同营养水平的颗粒料对冬毛期水貂生长性能、氮代谢和毛皮品质的影响，以确定适宜于冬毛期水貂颗粒料的蛋白质和脂肪水平，为水貂的实际生产提供借鉴和指导。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验选择 72 只（135±5）日龄的健康雄性水貂，随机分成 6 组，每组 12 只，单笼饲养，各组间体重差异不显著（P>0.05）。采用双因子试验设计，分别按 34%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅰ组），34%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅱ组），32%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅲ组），32%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅳ组），30%粗蛋白质、18%粗脂肪（Ⅴ组），30%粗蛋白质、16%粗脂肪（Ⅵ组）配制 6 种试验饲粮，并制成颗粒料。试验开始前对水貂进行免疫接种，整个试验期间由固定人员进行饲养管理，每天 07:30 和 15:30 各饲喂 1 次，自由饮水。水貂预试期从 2013-09-13 开始，持续 7 d，正试期 60 d。

1.2　试验饲粮

根据 NRC(1982)水貂营养需要量及国内报道[4,8-9]，配制水貂育成期试验饲粮，其组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　%

项目 Items	组别 Groups					
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ
原料 Ingredients						
膨化玉米 Extruded corn	27.0	29.0	30.0	32.0	33.0	35.0
豆粕 Soybean meal	7.0	7.0	8.0	8.0	8.2	8.2
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	8.0	8.0	6.2	6.2	5.0	5.0
肉骨粉 Meat and bone meal	18.2	18.2	16.0	16.0	14.0	14.0
鱼粉 Fish meal	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
乳酪粉 Cheese meal	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

羽毛粉 Feather meal	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
血粉 Blood meal	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
豆油 Soybean oil	14.0	12.0	14.0	12.0	14.0	12.0
食盐 NaCl	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
赖氨酸 Lys	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
蛋氨酸 Met	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
预混料 Premix1)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels2)						
代谢能 ME/(MJ/kg)	16.69	16.52	16.48	16.49	16.42	16.48
粗蛋白质 CP	34.12	34.40	32.36	32.12	30.40	30.36
粗脂肪 EE	18.18	16.22	18.17	16.18	18.22	16.17
钙 Ca	2.24	2.26	2.28	2.24	2.26	2.21
总磷 TP	1.27	1.26	1.24	1.23	1.26	1.19
赖氨酸 Lys	1.75	1.76	1.70	1..71	1.70	1.70
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

1) 每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix: VA 1 000 000 IU，VD_3 200 000 IU，VE 6 000 IU，VB_1 600 mg，VB_2 800 mg，VB_6 300 mg，VB_{12} 10 mg，VK_3 100 mg，VC 40 000 mg，烟酸 niacin acid 4 000 mg，泛酸 pantothenic acid 1 200 mg，生物素 biotin 20 mg，叶酸 folic acid 80 mg，胆碱 choline 30 000 mg，Fe 8 200 mg，Cu 800 mg，Mn 1 200 mg，Zn 5 200 mg，I 50 mg，Se 20 mg，Co 50 mg。

2)粗蛋白质、粗脂肪、钙、总磷、氨基酸为测定值，代谢能为计算值 Values of CP, EE, Ca, TP and AA were measured, while ME was calculated values。

1.3 消化代谢试验

在正式试验进行 30 d 后每组选择 8 只水貂进行消化代谢试验，采用全收粪法连续收集 4 d 的粪便和尿液，消化代谢试验期间饲养管理与日常饲养管理相同。每天收集的粪便称重后按鲜重的 5%加入 10%硫酸溶液，并加少量甲苯防腐，保存于－20 ℃备用。每天收集的尿液中每 100 mL 加入 20 mL 的 10%硫酸溶液，加 4 滴甲苯用于防腐，保存于－20 ℃备用。

1.4　测定指标

记录每只水貂每天的给料量和残余料量，计算每只水貂的采食量以及每组的平均日采食量（ADFI）。正式试验开始时（2013-09-20）的体重记为初重，每间隔 2 周（2013-10-05、2013-10-20、2013-11-04）于早晨空腹称重并记录，试验结束后（2013-11-19）的体重记为末重。试验结束后，水貂称重后取皮，测定毛皮的针毛长、绒毛长、皮长等指标。

1.5　测定方法

采用烘干法测定干物质的含量，参考 GB/T 6345-2006；采用凯氏定氮法（Kjeltec8400 全自动凯氏定氮仪）测定粗蛋白质含量，参考 GB/T 6432-1994；采用索氏浸提法测定粗脂肪含量，参考 GB/T 6433-2006（VELP ser-148 脂肪萃取仪）；采用日立 L-8900 氨基酸分析仪测定氨基酸含量。

针毛长和绒毛长是从皮肤的表皮开始，在载玻片拉直针毛、绒毛，用游标卡尺进行测量。皮长是水貂皮上楦板后，从鼻尖到尾根的距离。

1.6　计算公式

平均日增重（g/d）＝（末重－初重）/试验天数；

平均日采食量（g/d）＝试验期采食量/试验天数；

干物质消化率（%）＝ [（干物质采食量－干物质排出量）/干物质采食量]×100；

蛋白质消化率（%）＝ [（蛋白质摄入量－蛋白质排出量）/蛋白质摄入量]×100；

脂肪消化率（%）＝ [（脂肪摄入量－脂肪排出量）/脂肪摄入量]×100；

氮沉积（g/d）＝食入氮－粪氮排出量－尿氮排出量；

净蛋白质利用率（%）＝（氮沉积/食入氮）×100；

蛋白质生物学价值（%）＝［氮沉积/（食入氮－粪氮排出量）］×100；

代谢能（MJ/kg）＝粗蛋白质含量×4.5×4.184+粗脂肪含量×9×4.184+碳水化合物含量×4×4.184。

1.7　数据统计方法

采用统计软件 SAS 9.1 对数据进行处理，结果以平均值±标准差表示，采用单因素方差分析（one-way ANOVA）进行差异显著性检验，采用 GLM 进行双因子效应分析。其中 P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著，P>0.05 为差异不显著。

2　结　果

2.1　水貂生长性能

从表 2 可以看出，2013-10-05 称重时，Ⅰ组水貂的体重显著高于Ⅱ组（P<0.05）；2015-11-04 称重时，Ⅰ组水貂的体重显著高于Ⅵ组（P<0.01）；2013-11-19 称重时，各组水貂的体重差异不显著（P>0.05），但以Ⅰ组和Ⅲ组水貂的体重较高；Ⅰ组和Ⅲ组水貂的 ADG 极显著高于Ⅱ组、Ⅳ组和Ⅵ组（P<0.01）。18%脂肪组水貂的末重显著高于 16%脂肪组（P<0.05），18%脂肪组水貂的 ADG 极显著高于 16%脂肪组（P<0.01）。蛋白质水平、蛋白质与脂肪水平的交互作用对水貂的体重和 ADG 未见显著影响（P>0.05）。

表 2　各组水貂的生长性能

Table 2　Growth performance of minks in groups

项目 Items		体重 Body weight/g					平均日增重 ADG/(g/d)
		2013-09-20	2013-10-15	2013-10-20	2013-11-04	2013-11-19	
组别 Groups	Ⅰ	1 621	1 774^{a}	1 855	1 964^{a}	1 943	7.03^{Aa}
	Ⅱ	1 595	1 621^{b}	1 718	1 897^{ab}	1 837	4.34^{Bb}
	Ⅲ	1 630	1 724^{ab}	1 801	1 925^{ab}	1 939	6.95^{Aa}

	Ⅳ	1 584	1 750^{ab}	1 706	1 772^{ab}	1 796	4.11^{Bb}
	Ⅴ	1 633	1 657^{ab}	1 788	1 833^{ab}	1 797	5.77^{ABab}
	Ⅵ	1 617	1 652^{ab}	1 675	1 738^{b}	1 787	4.64^{Bb}
脂肪水平	18	1628	1 729	1 797	1 904	1 904^{a}	6.58^{A}
Fat level/%	16	1 602	1 688	1 745	1 802	1 781^{b}	4.35^{B}
蛋白质水平	34	1 609	1 707	1 795	1 937	1 897	5.69
	32	1 612	1 735	1 763	1 864	1 882	5.89
Protein level/%	30	1 622	1 653	1 753	1 797	1 791	5.34
P 值 P-value	组别 Group	0.982	0.120	0.382	0.158	0.298	<0.001
	脂肪水平 Fat level	0.471	0.219	0.341	0.066	0.026	0.006
	蛋白质水平 Protein level	0.960	0.216	0.773	0.134	0.218	0.702
	交互作用 Interaction	0.955	0.129	0.547	0.831	0.961	0.091

同列同一项目数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*＞0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*＜0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*＜0.01）。下表同。

In the same column and the same item, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.01). The same as below.

2.2 水貂营养物质消化率

从表 3 可以看出，各组水貂的干物质采食量、干物质排出量和干物质消化差异不显著

（*P*>0.05）。饲粮脂肪、蛋白质水平及两者的交互作用对干物质相关指标未产生显著影响（*P*>0.05）。Ⅵ组水貂的蛋白质消化率极显著低于其他各组（*P*<0.01）；18%脂肪组水貂的蛋白质消化率极显著高于 16%组（*P*<0.01）；34%和 32%蛋白质组水貂的干物质消化率极显著高于 30%组（*P*<0.01）。饲粮脂肪、蛋白质水平及两者的交互作用对蛋白质消化率均产生了极显著影响（*P*<0.01）。各组水貂的脂肪消化率差异不显著（*P*>0.05）。饲粮脂肪、蛋白质水平及两者的交互作用对水貂的脂肪消化率未产生显著影响（*P*>0.05）。

表 3　各组水貂的营养物质消化率

Table 3　Nutrient digestibility of minks in groups

项目 Items		干物质采食量 DM intake/(g/d)	干物质排出量 DM output/(g/d)	干物质消化率 DM digestibility/%	蛋白质消化率 Protein digestibility/%	脂肪消化率 Fat digestibility/%
组别 Groups	Ⅰ	120.89	38.20	68.43	75.18^{A}	82.93
	Ⅱ	128.67	42.32	66.94	77.07^{A}	76.96
	Ⅲ	123.89	39.79	67.99	75.57^{A}	81.26
	Ⅳ	112.78	36.08	68.03	75.48^{A}	79.85
	Ⅴ	123.20	40.46	65.37	74.98^{A}	77.93
	Ⅵ	127.11	42.22	66.62	65.02^{B}	76.96
脂肪水平 Fat level/%	18	115.98	39.42	67.26	75.84^{A}	80.38
	16	123.88	40.20	68.20	71.92^{B}	78.25
蛋白质水平 Protein level/%	34	124.78	40.26	67.69	76.13^{Aa}	79.94
	32	118.34	37.93	68.01	75.52^{Aa}	77.45
	30	116.03	41.42	65.99	70.01^{Bb}	83.84

P 值 *P*-value	组别 Group	0.687	0.450	0.721	<0.001	0.258
	脂肪水平 Fat level	0.398	0.737	0.957	<0.001	0.220
	蛋白质水平 Protein level	0.714	0.371	0.373	<0.001	0.302
	交互作用 Interaction	0.224	0.274	0.667	<0.001	0.254

2.3　水貂氮代谢

从表 4 可以看出，Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅴ组水貂的食入氮显著高于Ⅵ组水貂（P<0.05）；Ⅵ组水貂的粪氮排出量显著高于Ⅳ组水貂（P<0.05）；Ⅱ组水貂的氮沉积和蛋白质生物学价值显著高于Ⅳ组水貂（P<0.05）；Ⅱ组、Ⅲ组和Ⅳ组水貂的净蛋白质利用率显著高于Ⅳ组（P<0.05）。饲粮脂肪水平对水貂的氮代谢相关指标未产生显著影响（P>0.05），饲粮蛋白质水平显著影响了水貂的净蛋白质利用率（P<0.05）。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用极显著影响了水貂的氮沉积（P<0.01）。32%蛋白质组水貂的粪氮排出量显著低于 30%组（P<0.05），34%蛋白质组水貂的尿氮排出量和氮沉积显著高于 30%组（P<0.05），34%和 32%蛋白质组的净蛋白质利用率显著高于 30%蛋白质组水貂（P<0.05）。

表 4　各组水貂的氮代谢

Table 4　Nitrogen metabolism of minks in groups

项目 Items	食入氮 N intake/(g/d)	粪氮排出量 FN output/(g/d)	尿氮排出量 UN output/(g/d)	氮沉积 N retention/(g/d)	蛋白质生物学价值 BV of protein/%	净蛋白质利用率 NPU/%

组别 Groups	Ⅰ	7.16^{ab}	1.77^{ab}	4.23	1.47^{ab}	26.06^{ab}	19.79^{ab}
	Ⅱ	7.70^{a}	1.75^{ab}	4.02	1.65^{a}	30.06^{a}	27.80^{a}
	Ⅲ	7.41^{a}	1.80^{ab}	4.22	1.55^{ab}	24.40^{ab}	21.49^{a}
	Ⅳ	6.64^{ab}	1.63^{b}	3.81	1.37^{ab}	27.39^{ab}	20.23^{a}
	Ⅴ	7.48^{a}	1.86^{ab}	3.53	1.60^{ab}	27.28^{ab}	18.89^{ab}
	Ⅵ	6.10^{b}	2.07^{a}	3.40	1.11^{b}	21.67^{b}	15.07^{b}
脂肪水平 Fat level/%	18	7.35	1.81	3.99	1.51	25.91	20.06
	16	6.85	1.80	3.76	1.55	26.65	19.26
蛋白质水平 Protein level/%	34	7.43	1.77^{ab}	4.13^{a}	1.73^{a}	28.06	20.80^{a}
	32	7.02	1.71^{b}	4.02^{ab}	1.46^{ab}	25.90	20.86^{a}
	30	6.85	1.96^{a}	3.47^{b}	1.38^{b}	24.73	17.15^{b}
P 值 *P*-value	组别 Group	0.097	0.175	0.223	0.045	0.223	0.085
	脂肪水平 Fat level	0.133	0.983	0.281	0.802	0.732	0.473
	蛋白质水平 Protein level	0.358	0.088	0.066	0.085	0.359	0.044
	交互作用 Interaction	0.069	0.229	0.876	0.002	0.098	0.206

2.4 水貂毛皮品质

从表 5 可以看出，各组水貂的活体长差异不显著（*P*>0.05），饲粮脂肪水平对水貂活体长的影响不显著（*P*>0.05），34%和 32%蛋白质组水貂的活体长显著高于 30%蛋白质组（*P*<0.05）。34%蛋白质组水貂的皮长显著高于 30%蛋白质组（*P*<0.05），但饲粮脂肪水平、

蛋白质与脂肪水平的交互作用对水貂的皮长没有显著影响（*P*>0.05）。各组水貂的针毛长、绒毛长及针绒比差异不显著（*P*>0.05），饲粮蛋白质和脂肪水平及两者的交互作用对这 3 项指标也未产生显著影响（*P*>0.05）。

表 5　各组水貂的毛皮品质

Table 5　Fur quality of minks in groups

项目 Items		体长 Live body long/cm	皮长 Fur long/cm	针毛长 Guard long/cm	绒毛长 Underwear long/cm	针绒比 G/U
组别 Groups	Ⅰ	47.83	70.33	2.40	1.53	1.57
	Ⅱ	49.33	71.67	2.43	1.60	1.52
	Ⅲ	49.30	71.00	2.33	1.57	1.49
	Ⅳ	48.00	69.66	2.47	1.62	1.55
	Ⅴ	47.27	70.09	2.43	1.60	1.53
	Ⅵ	47.16	67.05	2.30	1.61	1.45
脂肪水平 Fat level/%	18	47.94	70.50	2.38	1.56	1.53
	16	43.45	62.40	2.26	1.54	1.46
蛋白质水平 Protein level/%	34	48.58^{a}	71.00^{a}	2.42	1.57	1.55
	32	47.25^{a}	68.33^{ab}	2.37	1.60	1.49
	30	40.50^{b}	58.67^{b}	2.15	1.48	1.43
P 值 *P*-value	组别 Group	0.180	0.161	0.626	0.989	0.872
	脂肪水平 Fat level	0.553	0.442	0.671	0.941	0.569

蛋白质水平 Protein level	0.069	0.054	0.467	0.630	0.547
交互作用 Interaction	0.563	0.321	0.905	0.807	0.981

3 讨 论

3.1 不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂生长性能的影响

王建华等[10]比较了全混合颗粒料和粉料对崂山奶山羊生产性能的影响，颗粒料组干物质采食量和产奶量显著高于粉料组，颗粒料组和粉料组的初始体重和末重差异不显著，但全混合颗粒料的适口性优于全混合粉料，具有提高奶山羊采食量和产奶量的作用。刘文博[11]研究表明，肉仔鸡饲喂颗粒料可使空肠和回肠更发达，并可提高肉仔鸡的平均日采食量和平均日增重。研究发现，饲粮的脂肪源和能量水平对冬毛期水貂的体重没有显著影响[12]；冬毛期银狐饲粮中添加过多的油脂会导致平均日增重降低，但适当增加脂肪水平可促进银狐生长，降低料重比[13]；饲粮的蛋白质水平低于 30%时显著影响水貂的生长发育，增加耗料量，降低饲料转化率[14]。本试验结果表明，平均日增重在组间存在显著差异，饲粮脂肪水平影响了水貂的体重，较高水平的脂肪促进了水貂的生长。18%脂肪组的水貂在整个试验期中体重和平均日增重均高于 16%脂肪组，而蛋白质水平对水貂体重的影响相对较小。

3.2 不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂营养物质消化率的影响

NRC(1982)的饲养标准中提到，饲粮的适口性以及饲粮中的能量水平对水貂的采食量具有显著影响[9]。妊娠期水貂的采食量随饲粮脂肪水平的升高呈下降的趋势[15]。饲粮脂肪水平显著影响冬毛期银狐的平均日采食量，平均日采食量随着饲粮脂肪水平的升高而降低[13]。本试验中，18%脂肪组水貂的干物质采食量低于 16%脂肪组，而在蛋白质水平上则表现出相反的结果，即较高的蛋白质水平组水貂的干物质采食量较好，可能是较高的蛋白质水平饲粮中动物性饲料含量较高，对水貂的适口性更高，这些研究结果与 NRC(1982)结论相一致。饲

粮蛋白质消化率受多种因素的影响，水貂对饲粮蛋白质的消化利用主要取决于蛋白质来源、品质以及氨基酸组成、比例等[16]。研究表明，繁殖期母貂饲粮中添加ω-3 脂肪酸时可以减少因蛋白质水平降低造成的应激，对维持水貂体内氮平衡具有积极作用并能降低母貂繁殖疾病的发生[17]。繁殖期蓝狐饲喂不同脂肪水平的饲粮，饲粮脂肪水平对蓝狐的干物质消化率和脂肪消化率的影响不显著[18]。对育成期和冬毛期水貂蛋白质需要量的研究表明，饲粮中蛋白质水平较高时，水貂的蛋白质消化率也较高[3,14]。本试验结果中，饲粮脂肪和蛋白质水平对水貂的干物质消化率和脂肪消化率均没有产生显著影响，而饲粮中较高的蛋白质水平提高了水貂的蛋白质消化率，与上述研究结果相一致。

3.3　不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂氮代谢的影响

氮代谢是反映动物对蛋白质利用水平的重要指标，当饲粮中蛋白质、脂肪和碳水化合物比例适宜时，能够提高动物的氮沉积[19]。Pfeiffer 等[20]报道，机体摄入的蛋白质和尿氮排出量具有很强的相关关系；Kerr 等[21]也指出，随着饲粮蛋白质水平的升高，尿能也随之增加。冬毛期水貂蛋白质摄入量与饲粮蛋白质水平呈正相关，同一能量水平下，饲粮蛋白质水平越高，水貂的食入氮越多[4]。本试验中，饲粮蛋白质或脂肪水平对食入氮未产生显著影响，但蛋白质和脂肪水平的交互作用对水貂的食入氮具有一定的影响。饲粮脂肪水平对水貂的氮代谢相关指标未产生显著影响，但饲喂较高蛋白质水平饲粮的水貂的粪氮和尿氮排出量相对较高。饲粮蛋白质和脂肪水平的交互作用极显著影响了水貂的氮沉积，说明较高水平的脂肪促进了水貂对蛋白质的利用，这一结果与上述研究结果相一致。

3.4　不同蛋白质和脂肪水平颗粒料对冬毛期水貂毛皮品质的影响

Rouvinen[22]研究报道，饲粮脂肪水平对水貂和蓝狐皮张物理特性有一定影响。Bassett[23]试验表明，饲喂高脂肪高能量（脂肪水平占干物质的 40%）饲粮可提高蓝狐的体重，改善毛皮品质，但有部分蓝狐肝脏和脾脏有空泡和脂肪变性现象。毛皮动物体内蛋白质供给不足时，会引起体重减轻、产毛数量减少、毛品品质降低等一系列问题，而且饲粮脂肪源对水貂

毛囊的发育和再生具有一定影响[24]。本试验中，饲粮蛋白质、脂肪水平及两者的交互作用对水貂的针毛长、绒毛长及针绒比均没有产生显著影响。饲粮蛋白质水平显著影响了水貂的活体长和皮长，水貂皮长是划分皮张等级的重要参数，较高的饲粮蛋白质水平提高了水貂皮张的优质率。

4 结 论

① 饲粮脂肪水平影响冬毛期水貂的末重，而饲粮蛋白质水平对冬毛期水貂的活体长具有影响。

② 本试验条件下，冬毛期水貂饲喂脂肪水平为18%和蛋白质水平为32%~34%的颗粒料可获得较好的生长性能和毛皮品质。

参考文献：

[1] 张显华,张翠艳.颗粒饲料饲养冬毛期水貂效果试验[J].特产研究,2007,29(2):4–5,21.

[2] 周友梅,李钰,薛继禹.水貂干饲料饲喂法的试验报告[J].毛皮动物饲养,1991(4):7–8.

[3] 张铁涛,崔虎,杨颖,等.饲粮蛋白质水平对育成期母貂生长性能、营养物质消化代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(5):835–844.

[4] 张铁涛,崔虎,岳志刚,等.饲粮蛋白质水平对冬毛期水貂胃肠道消化酶活性以及空肠形态结构的影响[J].动物营养学报,2012,24(2):376–382.

[5] 邹兴淮,韩云池,朱兆泉,等.成年水貂配合颗粒饲料择优试验[J].经济动物学报,1997(2):7–10.

[6] 肖振铎,刘世海,隋少奇.水貂膨化配合饲料筛选试验[J].经济动物学报,2002,6(3):4–8.

[7] 冯艳忠.水貂饲料特点及研究进展[J].黑龙江农业科学,2009(5):163–164.

[8] DAMGAARD B M,BOERSTING C F,FINK R.Effects of dietary protein and carbohydrate supply on feed consumption,growth performance and blood parameters in mink dams during the nursing period[J].Scientifur,2000,24(4):17–21.

[9] NRC.Nutrient requirements of mink and foxes[S].2nd ed.Washington,D.C.:National Academy Press,1982.
[10] 王建华,戈新,李培培,等.全混合颗粒料和粉料对崂山奶山羊生产性能的影响[J].饲料研究,2011(12):60–61.
[11] 刘文博.饲料粒度和料型对肉仔鸡生产性能和体组成的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.
[12] 杨颖,张铁涛,岳志刚,等.饲粮脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):380–388.
[13] 张婷,钟伟,罗婧,等.饲粮脂肪水平对冬毛期银狐生长性能、体脂肪酸组成及空肠中小肠型脂肪酸结合蛋白表达的影响[J].动物营养学报,2015,27(7):2300–2308.
[14] 张铁涛,张志强,任二军,等.不同蛋白质水平日粮对不同日龄育成期公貂(*Mstula vision*)生长性能与消化代谢规律的影响[J].畜牧兽医学报,2011,42(10):1387–1395.
[15] 张海华,王士勇,张铁涛,等.饲粮脂肪水平对雌性水貂营养物质消化率、氮代谢及繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2955–2962.
[16] 蒋清奎.繁殖期雌性水貂日粮中适宜蛋白质水平的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.
[17] ROUVINEN-WATT K.Nursing sickness in the mink—a metabolic mystery or a familiar foe[J].Canadian Journal of Veterinary Research,2003,67(3):161–168.
[18] 张铁涛,王卓,郭强,等.饲粮脂肪水平对繁殖期蓝狐繁殖性能、营养物质消化率、氮代谢及产后体重的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):1848–1855.
[19] MCNEILL D M,SLEPETIS R,EHRHARDT R A,et al.Protein requirements of sheep in late pregnancy:partitioning of nitrogen between gravid uterus and maternal tissues[J].Journal of Animal Science,1997,75(3):809–816.

[20] PFEIFFER A,HENKEL H,VERSTEGEN M W A.The influence of protein intake on water balance,flow rate and apparent digestibilty of nutritions at the distal ileum in growing pigs[J].Livestock Production Science,1995,44(2):179–187.

[21] KERR B J,MCKEITH F K,EASTER R A.Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino,acid-supplemented diets[J].Journal of Animal Science,1995,73(2):433–440.

[22] ROUVINEN K.Dietary effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids on body fat composition and health status of farm-raised blue and silver foxes[J].Acta Agriculturae Scandinavica,1991,41(4):401–414.

[23] BASSETT C F.Growth carves for mink and fores[M].Saratoga Springs:Unpublished Data,1951.

[24] 杨颖,吴琼,荣敏,等.饲粮脂肪源对冬毛期短毛黑水貂营养物质消化代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2217–2224.

Effects of Granulated Feeds with Different Protein and Fat Levels on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Nitrogen Metabolism and Fur Quality of Minks in Pelting Period

ZHANG Tietao[1] SUN Haoran[1] YANG Yahan[1] NA Renhua[2] WANG Kaiying[1] LI Guangyu[1*] GAO Xiuhua[2*]

(1. *Institute of Economic Animal and Plant Science, State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun* 130112, *China;*

2. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: This study was designed to investigate the effects of granulated feeds with different

*Corresponding author, LI Guangyu, professor, E-mail: tcslgy@126.com; GAO Xiuhua, professor, E-mail: xiuhuagao@126.com (责任编辑 菅景颖)

protein and fat levels on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen metabolism and fur quality of minks in pelting period. Seventy-two (135±5)-day-old healthy male minks were divided into 6 groups and each group had 12 minks. Six experimental diets were prepared by double factorial experimental design with 34% crude protein (CP) and 18% ether extract (EE) (group Ⅰ), 34% CP and 16% EE (group Ⅱ), 32% CP and 18% EE (group Ⅲ), 32% CP and 16% EE (group Ⅳ), 30% CP and 18% EE (group Ⅴ), 30% CP and 16% EE (group Ⅵ), respectively, and all of them were made into granulated feeds. The pre-test period lasted for 7 days, and the trial lasted for 60 days. The results showed as follows: the average body weight (ADG) in groups Ⅰ and Ⅲ was significantly higher than that in groups Ⅱ, Ⅳ and Ⅵ (*P*<0.01). Minks in 18% fat group had significantly higher final body weight than 16% fat group (*P*<0.05), and the ADG in 18% fat group was significantly higher than that in 16% fat group (*P*<0.01). The minks in group Ⅵ had significantly lower protein digestibility than the others group (*P*<0.01), and 18% fat group had the same trend compared with 16% fat group (*P*<0.01). The protein digestibility in 34% and 32% protein groups was significantly higher than that in 30% protein group (*P*<0.01). Nitrogen retention and protein biological value in group Ⅱ were significantly higher than those in group Ⅳ (*P*<0.05), the net protein utilization in groups Ⅱ, Ⅲ and Ⅵ was significantly higher than that in group Ⅵ (*P*<0.05). Dietary fat level had no significant effects on nitrogen metabolism related indices of mink (*P*>0.05), while dietary protein level had significantly effect on the net protein utilization of minks (*P*<0.05). The live body long of minks in 34% and 32% protein groups was significantly higher than that in 30% protein group (*P*<0.05). The fur long of minks in 34% protein group was significantly longer than that in 30% protein group (*P*<0.05), but the dietary fat and protein levels and the interaction of protein and fat levels had no significant effect on the fur long (*P*>0.05). Considering all the results, dietary fat level affects the final body weight of minks

in pelting period, and the protein level affects the live body long. In the condition of this experiment, minks in pelting period have the optimized growth performance and fur quality when fed granulated feeds with 18% fat and 32% to 34% protein.

Key words: protein; fat; minks; growth performance; fur quality; granulated feed